Ueber

die Ossification.

Von

N. Lieberkühn.

(Besonderer Abdruck aus Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. Jahrgang 1860.)

Berlin,

Druck der Gebr. Unger'schen Hofbuchdruckerei.

1861.

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b22287000

Erste Abhandlung.

Die Ossification des Sehnengewebes.

(Hierzu Taf. XX. und XXI.)

Ueber die Ossification des sogenannten geformten Bindegewebes finden sich neuere Angaben zunächst in den Abhandlungen Virchow's (Archiv für pathologische Anatomie 1847. S. 136. Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. 1852. S. 150) und kommt dieselbe dadurch zu Stande, dass sich Kalk in das präexistirende Gewebe ablagert, indem die Stellen der Bindegewebskörper übrig bleiben und die späteren Knochenkörper daraus hervorgehen. In neuester Zeit ist von A. Förster (Schlusssupplement zum Atlas der mikroskop. path. Anatomie Taf. XXXIV. Fig. 5) der Querschnitt einer verknöcherten Achillessehne des Menschen abgebildet und in Virchow's Sinne ausgelegt; man soll an diesem Querschnitt mit einem Blick den Uebergang der Bindegewebszellen in Knochenzellen übersehen. Dies ist jedoch anderen Forschern nicht gelungen und wird überhaupt die ganze eben mitgetheilte Lehre bestritten. Nach Henle's Ausspruch (Jahresbericht 1859 S. 95) kommt Bindegewebsknochen beim Menschen nur pathologisch vor, während er bei den Vögeln typisch durch Kalkablagerung in Sehnen der Unterextremität entsteht und kommen die an die Körperchen des ächten Knochens erinnernden Strahlen nur auf Schnitten zu Stande, welche die Längsachse der ursprünglichen Bindegewebsbündel senkrecht schneiden. Verknöchertes Bindegewebe und ächter Knochen sind daher gänzlich verschiedene Dinge. Ebenso behauptet A. Baur (die Entwicklung der Bindesubstanz, Tübingen 1858), dass ächte Knochentextur niemals durch einfache Verkalkung fertigen Bindegewebes zu Stande kommt; verkalktes Bindegewebe hat vielmehr immer eine deutlich faserige Textur und seine sogenannten Knochenkörper sind schmal, in die Länge gezogen und meist ohne Ausläufer und gleichen vollkommen den verlängerten stabförmigen Kernen der Sehnensubstanz. Diese sich widersprechenden Ansichten liessen erneute Untersuchungen des Gegenstandes wünschenswerth erscheinen.

Die verknöcherten Sehnen der Vögel [1]) haben in ihrer Entwicklung und in ihrem Bau bis zum Beginn der Ossification nichts Eigenthümliches. Die Ossification tritt erst beim nahezu ausgewachsenen Vogel ein. Sie wird eingeleitet durch eine reiche Zellenproduction. Diese ist am leichtesten an solchen Sehnen wahrzunehmen, welche beim Trocknen bereits die beginnende Kalkablagerung durch Auftreten eines weissen Fleckes inmitten der Sehne zeigen. Dicht über oder unter einem solchen Ossificationspunkt verhält sich die Sehne folgendermassen:

Auf dem Querschnitt der getrockneten und in Wasser aufgeweichten Sehne ziehen von den stärkeren, zum Theil grössere Gefässe führenden Scheiden, die wir primäre nennen wollen, mehr oder weniger starke Fortsätze zwischen die Bindegewebsstränge hinein und grenzen diese vollständig gegen einander ab, und von diesen gehen wiederum meist noch feinere aus und führen die Theilung weiter fort; diese letzteren Scheiden mögen secundäre heissen; nicht in allen Strängen sieht man sie mit gleicher Deutlichkeit, an einzelnen Stellen sind sie aber so stark, dass sie die Dicke von den Durchmessern der Stränge selbst erreichen. Nirgends erkennt man innerhalb oder ausserhalb der Stränge Bindegewebszellen. Diese kommen auf dem Längsschnitt zum Vorschein und werden am zweckmässigsten an frischen Sehnen kleiner Vögel, z. B. des Zeisigs beobachtet. Eine solche Sehne zeigt Längsreihen von Zellen mit Intercellularsubstanz zwischen allen unterscheidbaren Strängen und zwar immer da, wo drei oder vier Stränge an einander stos-

1) Die nachfolgenden Untersuchungen wurden an den Sehnen von Vögeln aus den verschiedensten Ordnungen angestellt; aus der Ordnung der *Gallinacei* an *Crax alector*, *Pavo*, *Meleagris Gallopavo*, *Perdix cinerea*; aus der Ordnung der *Passerini* an *Fringilla domestica* und *fontana*, *Emberiza citrinella* und *miliaris*, *Alauda arvensis*, *Sturnus vulgaris*, *Hirundo urbica*, *Regulus cristatus*, *Turdus merula*, *Anthus campestris*; aus der Ordnung der *Grallatores* an *Scolopax rusticola*; aus der Ordnung der *Raptatores* an *Surnia brachyotus*. Bei den genannten hühnerartigen Vögeln verknöchern sämmtliche Sehnen der Unterextremität und öfter einige der oberen; bei den Passerinen nur die Sehne des tiefen Zehenbeugers, allein bei *Regulus cristatus* waren alle Sehnen der Unterextremität verknöchert, ebenso bei *Surnia brachyotus*; bei *Scolopax rusticola* wieder nur die des tiefen Zehenbeugers.

sen; es bildet die in diesen Interstitien sich hinziehende Substanz Säulen von verschiedener Dicke; gewöhnlich steht in solcher Säule immer nur eine Zelle über der anderen, bisweilen aber liegen ihrer mehrere neben einander, durch mehr oder weniger Intercellularsubstanz von einander getrennt. Die Zellen stehen in geringen Abständen von einander und zwischen ihnen befindet sich eine homogene durchsichtige Intercellularsubstanz, sie sind entweder nahezu kuglig oder oval, oder fast würfelförmig oder auffallend langgestreckt, und hin und wieder obgleich selten sieht man in ihrem in der Regel durchsichtigen Inhalt vollkommen deutliche Kerne gerade wie in Knorpelzellen; in anderen nimmt man trotz ihrer Durchsichtigkeit keinen Kern wahr, und wieder andere sind ganz von feinen Fettkörnchen erfüllt; wenn die Zellen Fettkörnchen führen, so sind sie auch leicht an Sehnenlängsschnitten von grösseren Vögeln, z. B. von hühnerartigen, aufzufinden, während es anderenfalls ohne Anwendung von Reagentien mir nicht gelang.

Wo diese Zellen herstammen, darüber lässt sich bis jetzt nichts Sicheres aussagen. Und wenn sie nebst ihrer Intercellularsubstanz auch eine so grosse Aehnlichkeit mit Knorpel haben, dass dies Gewebe vom Knorpel nicht morphologisch unterschieden werden kann, so wäre zur Feststellung der Identität doch noch die chemische Untersuchung erforderlich. Dass die Zellen die ursprünglich vorhandenen und nur veränderten Bindegewebskörper sind, ist deshalb nicht annehmbar, da diese in solcher Anordnung zu keiner Zeit in einer einfachen Sehne vorkommen. Eine andere Eigenthümlichkeit einer solchen Sehne kommt am Querschnitt zum Vorschein auf Zusatz von Essigsäure oder verdünnter Salpetersäure; es erscheinen gewöhnlich nicht mehr die breiten und langen Donders'schen Bänder, d. h. die wellig verlaufenden, umgeschlagenen Ränder grösserer Sehnenabtheilungen, sondern jeder der schwächeren secundären Stränge quillt für sich aus seiner starken Säuren nicht widerstehenden Scheide hervor in Form etwa einer Halbkugel, deren Ränder an der Scheidenwand festhängen. Auf Schnitten, welche schief gegen die Längsachse der Sehne geführt sind, erscheinen an dem hervorgequollenen Stück die Zellen in solcher Zahl, wie sie gerade

der Dicke des Schnittes entsprechen, wenige auf dünnen, mehr auf dickeren Schnitten. Die Sehne erleidet eine neue Veränderung in den Eigenschaften ihres Gewebes, wenn die Verknöcherung selbst beginnt und die ersten Ablagerungen von Kalksalzen stattgefunden haben. Letztere markiren sich sowohl auf Quer- als Längsschnitten als feine, stark lichtbrechende Pünktchen, welche sich gleichmässig durch die ganze Sehnensubstanz vertheilen und allmählig so eng an einander legen, dass man Zwischenräume zwischen ihnen nicht mehr erkennt, sondern die Sehne durchweg ein gleichförmiges Ansehn annimmt und undurchsichtig wird. Diese Pünktchen entsprechen demnach kleinen Körperchen, die ich aber nicht für frei abgelagerte Körnchen von Knochenerde halten kann, sondern in Rücksicht darauf, dass durch ihre Vermehrung und aus ihrem Zusammenfluss die Sehne nach und nach homogen verknöchert wird, für entsprechend kleine Abtheilungen von mit Kalkerde imprägnirter Grundsubstanz halten muss. Man unterscheidet noch mit vollkommener Deutlichkeit die Lücken, welche durch die noch nicht verknöcherten Scheiden zu Stande kommen. Es lässt sich jetzt auch die Sehne noch leicht in die groben Stränge zerfasern und an solchen zerfaserten Stücken ihre Structur, insoweit es aus Längsschnitten möglich ist, darlegen. Sowohl in der nächsten Umgebung der Zellen, als auch in der streifigen Sehnensubstanz erscheinen die erwähnten Körnchen, ohne dass die Zellen selbst ihre Form bis dahin verändert haben. Nur wo die Kalkablagerung schon so weit vorgerückt ist, dass sich Längsschliffe anfertigen lassen, ist ihre Gestalt bereits verändert. Schliffe von Querschnitten liessen sich in diesem Stadium der Ossification nur äusserst unvollkommen anfertigen wegen zu grosser Weichheit des Materials und zu grosser Brüchigkeit.

Ein Längsschliff der Sehne in diesem Zustande zeigt Folgendes: an den Stellen, wo die Längsreihen der Zellen lagen, befinden sich Knochenkörper von sehr verschiedener Gestalt, nahezu kuglig oder oval oder würfelförmig oder ganz unregelmässig mit zahlreichen Ausläufern nach allen Richtungen hin, die Ausläufer eines Knochenkörpers hängen scheinbar mit denen benachbarter vielfach zusammen. Ferner sieht man kleinere

den Knochenkörpern ähnliche Gebilde, die selbst so klein werden können, dass sie nur noch so eben bei starken Vergrösserungen unterschieden werden können, sie treten bisweilen reihenweis auf und dehnen sich über grössere Strecken aus, an anderen Stellen liegen sie zwischen den grösseren wirklichen Knochenkörpern vereinzelt; es sind diese Bildungen nichts Anderes als Theile von grossen Knochenkörpern und Dnrchschnitte von Ausläufern derselben, wie sich sogleich ergiebt, wenn man die verschiedenen Ausbuchtungen und Ausstrahlungen der wirklichen Knochenkörper vergleicht. Endlich bemerkt man auf den Längsschliff äusserst lang gezogene Configurationen, die wie auffallend lange Knochenkörper aussehen, ohne es jedoch zu sein, da sie bei fortschreitender Ossification wieder verschwinden; sie kommen wohl nur dadurch zu Stande, dass die Zwischenräume zwischen den Strängen oder die Scheiden an manchen Stellen noch nicht verknöchert sind, oder noch nicht so viel Kalksalze aufgenommen haben, um beim Schleifen resistiren zu können.

Die Veränderungen, welche die Sehnensubstanz während der Kalkablagerung erlitten hat, werden sogleich sichtbar, wenn man sie mit Säuren behandelt. Extrahirt man den Kalk durch mehrtägige Behandlung der ganzen Sehne eines Puters mittelst Essigsäure, so erscheint sie durchsichtig und stark aufgequollen genau bis an den Verknöcherungsrand, von da ab ist sie weniger im Volum verändert und sieht trüber aus; dass letztere Erscheinung, welche auch nach dem Trocknen auffält, nicht etwa von den Zellen und der mit ihnen aufgetretenen die ursprünglichen Scheiden verdickenden Zwischensubstanz herrührt, ergiebt sich sogleich, wenn man einen feinen Längsschnitt der getrockneten Sehne gerade an der Verknöcherungsgrenze anfertigt und unter dem Mikroskop die Essigsäure einwirken lässt; es löst sich allmählig der Kalk unter Kohlensäureentwicklung auf und der nicht mit Kalk imprägnirte Theil quillt auf und bleibt durchsichtig; in ihm aber sind bereits die Zellen genau in derselben Weise vorhanden, wie in dem benachbarten und von Kalksalzen imprägnirt gewesenen Theil. Auch seine Bindegewebsstränge quellen in derselben Weise auf, wie bei jeder anderen Sehne; an manchen Stellen zersprengen sie die

sie einhüllenden und nicht hinreichend nachgiebigen Scheiden und quellen hervor; die Zellen bleiben dabei reihenweis geordnet in ihren Interstitien.

Ganz anders gestaltet sich die Einwirkung der Säure auf den seines Kalkes entledigten Theil. Hier quellen die Stränge langsam und äusserst wenig auf und die bedeutenden Einschnürungen und Anschwellungen fehlen; die Zellenreihen rücken weit näher zusammen; die Scheiden sind nicht mehr so durchsichtig und erst allmählig werden die Zellen sichtbar. Das Lichtbrechungsvermögen der Scheiden und der in den Interstitien liegenden Säulen hat sich verändert, das der streifigen Substanz ist anscheinend dasselbe geblieben. Wo die Verknöcherungsgrenze ging, werden die sämmtlichen Stränge plötzlich um Vieles dicker und durchsichtiger nach dem noch nicht verknöcherten Ende zu. Ganz normales Sehnengewebe findet man in seinem Uebergang in verknöchertes da, wo die überhaupt nicht mehr verknöchernde und darum nicht mit den vorher beschriebenen Zellen versehene Sehne und die verknöcherte an einander grenzen; auch hier sieht man in überzeugendster Weise die als Scheiden ausgelegten Streifen der letzteren in die sich als Scheiden wirklich erweisenden der ersteren sich ununterbrochen fortsetzen. Sowohl diesseits als jenseits der Grenze ziehen vielfach quer über die Bündel verlaufende Streifen; es sind dies die den Einschnürungen entsprechenden Schatten, welche von einer Seite eines Bündels zur anderen verlaufen, wie Henle die Erscheinung für die normale Sehne richtig gedeutet hat.

Ich bin bisher in der Darstellung des Sehnenbaues A. Baur gefolgt und von der entgegenstehenden Virchow's abgewichen; Baur geht davon aus, dass von Luschka, Reichert und Klopsch die umspinnenden einschnürenden Spiralfasern der Bindegewebsbündel als Kunstproducte erwiesen sind, die beim Aufquellen der Grundsubstanz durch Einreissen des die Bündel umgebenden elastischen Grenzsaumes zu Stande kommen und überträgt dies Auftreten von elastischer Substanz auch auf die Sehnenstränge; hier zeigen sich nach Baur die elastischen Säume als der Länge nach zwischen den Strängen verlaufende dunkele Streifen, stellenweise mit Anschwellungen versehen,

welche den dazwischen liegenden Bindegewebskörpern entsprechen. Deutet man hieraus die Bilder am Sehnenquerschnitt, so lösen sich die verästelten Bindegewebskörper Virchow's in folgender Weise auf: „Indem die Zwischenräume zwischen den parallelen cylindrischen Bindegewebssträngen der Sehnen mit einer mikroskopisch und chemisch verschiedenen Substanz angefüllt, wirkliche Lücken nur davon ausgekleidet sind, so müssen auf dem Querschnitt der Sehnensubstanz sternförmige Zeichnungen entstehen, deren Aehnlichkeit mit verästelten Zellen um so grösser wird, als die Centra derselben von Stellen gebildet sind, wo die elastischen Grenzsäume um mehrere Bindegewebskörper auseinanderweichen" (die Entwickelung der Bindesubstanz, untersucht von A. Baur; S. 26). Die Betrachtung des Querschnittes der verknöcherten Sehne lehrt, dass eine derartige Auffassung nicht blos möglich, sondern nothwendig ist.

Untersucht man Querschnitte von den eben beschriebenen mit verdünnter Salzsäure behandelten und darauf getrockneten Sehnen, so erweist sich vollständig, dass die auf Längsschnitten erscheinenden Streifen Scheiden repräsentiren. Ein hinreichend dünner Querschnitt zeigt in Wasser aufgeweicht Folgendes: Die secundären Stränge grenzen sich auf's Bestimmteste gegen einander ab und sind rings von einer feinen Lage einer stärker lichtbrechenden Substanz umschlossen. An einzelnen Stellen treten statt der secundären viel schwächere Stränge auf, welche tertiäre heissen mögen; auch sie sind ringsum von derselben stark lichtbrechenden Substanz umgeben und eben so bestimmt gegen einander, als gegen die gröberen Stränge abgegrenzt. Da wo diese Formation in grösserer Ausdehnung vorkommt, erkennt man nun auch die Knochenkörper mit Ausstrahlungen; es sind an den Stellen, wo die Knochenkörper sich befinden, die Stränge nicht so dicht aneinander gelagert; die Strahlen erscheinen nur als Fortsetzung des dunkleren Knochenkörpers zwischen die Zwischenräume der Bündel. Sowohl innerhalb der ersteren als der letzteren Formation deuten kreisrunde oder elliptische Löcher auf die durchschnittenen Gefässcanäle hin.

Entfernt man das Wasser und setzt statt dessen starke Sal-

petersäure zum Präparat, so quellen die Sehnenbündel nicht mehr in Form von Halbkugeln über die Oberfläche heraus, sondern bleiben fast ganz innerhalb ihrer Scheiden zurück, mit Ausnahme von meist nur wenigen Stellen, welche noch auf dem vorher beschriebenen Stadium des Processes stehen geblieben sind. Bald werden nun die Bündel selbst in ihrem Inhalt undurchsichtiger und ein Theil desselben bricht das Licht stärker als der übrige. Bei längerer Einwirkung der Säure wird der Inhalt der secundären Scheiden allmählig durchsichtiger und geht seiner Auflösung entgegen. Man glaubt nun ein Netzwerk elastischer Fasern vor sich zu sehen. Zerfasert man das Präparat, so gelingt es leicht, den Längsschnitt irgend eines Theiles desselben zu sehen. Hier wird es sogleich offenbar, dass nicht ein Netzwerk von Fasern vorliegt, sondern dass die Fasern nur scheinbar sind und Querdurchschnitte von Scheiden darstellen. Schliesslich werden auch die Scheiden von der Säure angegriffen, sie bleiben nur stückweis zurück und zwar vorzüglich in denjenigen Theilen, wo drei oder mehr Scheiden zusammentreffen, während da, wo nur zwei Bündel aneinander stossen, die Scheidensubstanz aufgelöst wird. Nun kommen auch die Knochenkörper am Längsschnitt zum Vorschein und hin und wieder treten die sogenannten elastischen Fasern auf, von denen man nicht sicher aussagen kann, ob es Reste von Scheiden sind, oder ob sie nur zwischen den Scheiden versteckt lagen, und nun frei wurden. Wie sehr auch das Quellungsvermögen der verknöcherten und mit Säure behandelten Sehne verändert ist, erweist auch das Verhalten ihres Querschnittes gegen verdünnte Kalilauge (10 pCt.). Während ein Querschnitt der normalen Sehne sogleich stark aufquillt und die Donders'schen Bänder zeigt, bleiben bei einem Querschnitt der ersteren die quergeschnittenen Stränge unverrückt in ihren secundären Scheiden. Wo die Scheiden die Säulen der die Knochenkörper führenden Substanz zwischen sich aufnehmen, werden hier namentlich die Verhältnisse der Knochenkörper zu ihrer Umgebung auch aus dem Querschnitt klar; man sieht sie als dunkle mit Zacken versehene Flecken in der hellen Intercellularsubstanz, an manchen Orten zwei oder drei dicht neben

einander. Bald werden einige der Stränge in ihrer Umgrenzung undurchsichtiger, zuletzt bei durchfallendem Licht ganz dunkel, bei auffallendem weiss. Der Process ergreift nun auch die übrigen Theile und die Knochenkörper verschwinden dem Blick. Zufällig umliegende und den Längsschnitt zeigende Bündel erscheinen von feinen dunklen Streifen durchzogen und sehen aus, als wären sie in feine Fasern zersplittert. Wasser stellt die Durchsichtigkeit des Sehnenstücks und sein früheres Aussehen wieder her. Zu diesen Versuchen wurden die Sehnen des Puters verwendet. Bis hierher hat die verknöcherte Sehne noch immer die Sehnenstructur. Die weitere Veränderung besteht darin, dass die Sehne die Knochenstructur annimmt. Diese findet man niemals, so lange die Sehne nur noch einzelne ossificirte Stellen hat, sondern erst dann, wenn sie ihrer ganzen Länge nach verknöchert ist. Dass dies Stadium auch wirklich ein späteres ist, lässt sich deshalb mit Gewissheit feststellen, weil an einem und demselben Vogel die Untersuchung sämmtlicher Entwickelungsstadien vorgenommen werden kann. Ein Puter erträgt es, dass man ihm Stücke der Sehne aus dem Unterschenkel herausschneidet, auch wenn sie verknöchert ist. In solchen Fällen ersetzte sie sich nicht wieder. Gleich nach dem Erscheinen der ersten Ossificationspunkte haben die Sehnen noch die Sehnenstructur, und selbst dann noch, wenn sie schon fast der ganzen Länge nach mit Kalksalzen imprägnirt sind. Nachdem nun das Thier noch Wochen und Monate lang gelebt hat, finden sich keine Sehnen in diesem Stadium mehr vor, sondern sie sind weiter in der Ausbildung vorgeschritten. Es lassen sich jetzt nicht blos Längs-, sondern auch hinreichend durchsichtige Querschliffe von der verknöcherten Sehne anfertigen.

Der Querschliff zeigt einen grossen Reichthum von kreisförmigen und elliptischen Löchern von sehr verschiedener Grösse, welche den Gefässcanälen der Knochen entsprechen. Es ist mir nicht gelungen, in den grössten Canälen neben den Gefässen Fettzellen führendes Gewebe aufzufinden. Um die Gefässcanäle herum sind concentrisch die Knochenlamellen gelagert, in denen die Knochenkörper sich befinden. Die Lamellensysteme weichen in keinem Punkte von denen der

wahren Knochen ab, eben so wenig die Knochenkörper, die beim Querschliff meist senkrecht auf ihre Längsachse getroffen werden, mit Ausnahme derjenigen Stellen der Sehne, wo die Gefässe nicht die Längsrichtung inne halten, sondern in anderen Richtungen verlaufen; in diesem Falle folgen auch die Knochenkörper mit ihrem Längsdurchmesser dem Verlauf des Gefässes. Von den Strängen und Scheiden der Sehne selbst ist keine Andeutung mehr zu entdecken. Die Ausstrahlungen der Knochenkörper entspringen mehr oder weniger breit und verzweigen sich häufig in ihrem weiteren Verlauf; mit ihren feinen Ausläufern sieht man sie an vielen Stellen zusammentreffen und, wie es scheint, unter einander in Verbindung treten.

Auch der Längsschliff gewährt in jeder Beziehung das Bild des wahren Knochens. Die Knochenkörper sind etwas lang gezogen und stehen in Reihen hinter einander wie die ursprünglichen Zellen. Die Reihen sind nicht immer ungefähr gleichweit von einander entfernt, sondern rücken oft eng zusammen; dies ist namentlich da der Fall, wo der Knochen die Gefässcanäle umschliesst. Auch liegen hier die Knochenkörper in den Reihen selbst näher bei einander. Die scheinbaren Anastomosen sind weit zahlreicher und die Ausstrahlungen kürzer. Die Form der Knochenkörper hat nichts Abweichendes; es giebt hier, wie dort, schmälere und breitere. An ihren oberen oder unteren Enden gehen sie in beiden Fällen bisweilen gabelförmig auseinander, bisweilen sind sie auch in der Mitte unregelmässig aufgetrieben. Oefters stehen sie in den Reihen so nahe zusammen, dass sie sich mit ihren oberen und unteren Enden berühren und wie grosse, lange Lücken in dem Knochen erscheinen, für gewöhnlich sind sie jedoch um ihren Längsdurchmesser oder um noch mehr von einander entfernt.

In der Regel haben nicht alle Theile des Querschliffs schon die Knochenstructur; selbst bei ganz alten Vögeln war die Entwickelung oft noch nicht so weit vorgerückt. Hier war alsdann der Sehnenbau noch unverkennbar. Die secundären, jetzt vollständig von Kalksalzen imprägnirten Stränge grenzen sich klar gegen einander ab; wo ihrer drei zusammenstossen, ist meist eine wie eine Lücke aussehende dunkle Stelle, von der

dunkle Conturen auslaufen, welche die Bündelformation bewirken; in anderen Fällen erstrecken sich solche dunkle Streifen zwischen eine ganze Anzahl von Strängen hinein und schliessen eine solche Gruppe von allen Seiten ein, so dass man an die, nicht gerade Gefässe führenden, primären Scheiden erinnert wird. An anderen Stellen sieht man durch die secundären Stränge weit feinere Ausstrahlungen von den eben beschriebenen eindringen und einen solchen secundären Strang in drei oder vier oder mehrere Abtheilungen zerfallen; an wieder anderen erkennt man die secundären Stränge gar nicht mehr, sondern es befindet sich hier nur die aus solchen feineren tertiären Strängen bestehende Substanz. Inmitten derselben fallen hin und wieder etwas ausgedehntere Lücken zwischen den Bündeln auf, welche jedenfalls Querschnitte von Knochenkörpern darstellen, wie sich das später mit vollster Sicherheit ergeben wird. Da wo die aus tertiären Strängen bestehende Substanz an das ächte Knochengewebe stösst, verlieren sich die Ausstrahlungen der Knochenkörper in den die Sehnenstränge umgebenden Conturen, welche bisweilen dicker, bisweilen dünner erscheinen als die Strahlen der Knochenkörper selbst. Keineswegs kommt jedoch hierdurch eine ähnliche Formation der Knochenoberfläche zu Stande, wie sie der ächte Knochen durch seine Knochenkörper und deren Ausstrahlungen gewährt; die Zwischenräume zwischen den Knochenkörperstrahlen sind doch weit grösser und viel unregelmässiger. Mitten in den secundären Strängen sieht man hier und da etwas, was wie ein Knochenkörper aussieht, ohne dass sich jedoch etwas Sicheres feststellen lässt. (Fig. 4.)

Es ist wohl möglich, dass die eben beschriebene Sehnenstructur nur darum so auffallend zur Erscheinung kommt, weil das Präparat während des Schleifens starken mechanischen Einwirkungen ausgesetzt ist; es mögen wohl Brüche und Spaltuntungen entstehen, wo ursprünglich continuirlicher Zusammenhang war. Sicher lässt sich dies von den Rändern des Schliffes aussagen, an welchen sich Theile des Gewebes umlegen und somit nicht den Quer-, sondern den Längsschnitt der Sehne zeigen; hier ist das Gewebe in die secundären oder tertiären

Stränge auseinander gewichen, was bei den von Anfang an zu Längsschliffen angelegten Stücken nicht vorkommt.

Dergleichen störende Einflüsse werden vermieden, wenn man die verknöcherten Sehnen mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure behandelt, die Säure und die vorhandenen Kalksalze mit Wasser extrahirt und die Sehne schliesslich trocknet. Andererseits geht aber auch etwas verloren, was auf dem Schliff so entschieden zu beobachten war; es sind nämlich auf den Querschnitten der so zugerichteten Sehne nicht mehr die Ausstrahlungen der Knochenkörper wahrzunehmen, sondern es kommt etwas ganz Anderes zum Vorschein, was nur auf den ersten Blick einige Aehnlichkeit darbietet. Jene oben erwähnten Querschnitte der tertiären Stränge sind es, welche hier ausschliesslich auftreten, geordnet zu Lamellen und von strahlenlosen Knochenkörpern durchsetzt. Die Lamellen werden an den Schnitten eigentlich weit auffallender als an den Schliffen, da letztere wegen der Sprödigkeit der Substanz leicht so vielfach zerspringen, dass sie sehr an Deutlichkeit verlieren. Es ergiebt sich an ihnen deutlich, dass die Knochenkörper meist nicht gerade in den Begrenzungsstellen der Lamellensysteme liegen, sondern mehr oder weniger davon entfernt. Die Knochenkörper nehmen die Form kleiner zackiger Körperchen an und verlieren ihre langen Ausstrahlungen. Man könnte denken, die auf der ganzen Oberfläche des Schnittes zum Vorschein kommenden Querschnitte der Scheiden der tertiären Stränge seien die Fortsätze der Knochenkörper, da sie von dieser scheinbar ausgehen; allein der mit Säure behandelte Längsschnitt lehrt sogleich, dass eine solche Auffassung keineswegs der Wirklichkeit entspricht. Lässt man zunächst auf den Querschnitt stärkere Salz- oder Salpetersäure einwirken, so setzen sich die feinen Stränge immer bestimmender gegen einander ab und schliesslich treten nach mehrstündiger Einwirkung der Säure die Scheiden so auffallend hervor, dass man sie zuletzt nur noch allein wahrnimmt, während ihr Inhalt sich ganz dem Blick entzieht. Sie bilden im Querschnitt ein äusserst feinmaschiges gleichmässiges Netzwerk, welches in Lamellen geordnet die Havers'schen Canäle umschliesst und nur an einzelnen Stellen

zwischen seinen Maschen die Reste der Knochenkörper führt. Zerfasert man jetzt dies Netzwerk mittelst feiner Nadeln, so lagern sich in der Regel einige Stücke des Präparates so, dass man es auf dem Längsschnitt beobachten kann, und wenn es sich glücklich trifft, so sieht man an einem schräg gelagerten Stück den Längs- und Querschnitt zugleich. An dem Längsschnitt nimmt man eine längsgestreifte Substanz wahr, deren Streifen nur wenig von einander abstehen und zwar gerade so weit, wie die Durchmesser der Maschen des eben erwähnten Netzwerks vom Querschnitt betragen. An vielen der Streifen liegen die langgezogenen Knochenkörper an, aber ohne jede Spur von Ausläufern. Dass diese Streifen die Umgrenzungen der tertiären Stränge darstellen und nicht etwa einzelne in einer durchsichtigen Substanz liegende Fasern, lehren solche Stellen des Präparates, wo man die scheinbaren Fasern von ihren Enden ansehen kann; hier bemerkt man, dass jedes Mal zwei Fasern der Wandung eines Cylinders entsprechen, dessen freiliegendes Ende eine Masche vom Netzwerk des Querschnittes darstellt. (Fig. 10.)

Wo bleiben nun aber die Ausstrahlungen der Knochenkörper, welche sowohl auf Quer- als Längsschliffen der nicht mit Säuren behandelten Sehne so deutlich sichtbar waren? Hierauf mag vorläufig so viel bemerkt werden, dass nicht immer die unverknöcherten Partieen eines verknöcherten Gewebes nach der Extraction der Kalksalze als differenzirte Bildungen in der mit Kalk imprägnirt gewesenen Substanz zurückbleiben.

Wenn die concentrirte Säure noch einige Stunden länger eingewirkt hat, so gehen die Netze des Querschnittes zu Grunde. Es bleiben nur noch die Gefässstücke in den Havers'schen Räumen und die Reste der Knochenkörper nebst wenigen Bestandtheilen der Scheiden übrig, und am Längsschnitt gewahrt man unregelmässig, öfter spiralig gebogene Fäden, welche in ihrer Form vollständig mit denjenigen Gebilden übereinstimmen, die als elastische Fasern des Sehnengewebes von mehreren Forschern beschrieben sind. Liegen diese Fasern in Lücken zwischen den Scheiden und werden nur durch die Einwirkung der Säure frei, oder sind es wirklich nichts als Ueberbleibsel der Scheiden selbst, dies mag dahingestellt bleiben. (Fig. 11.)

Durch die mitgetheilten Beobachtungen ist erwiesen, dass die verknöchernde Sehne die Sehnenstructur verliert und Knochenstructur annimmt, unter fortdauernder Veränderung des verknöchernden Gewebes. Es liegt nicht nur kein Grund vor zu der neuerdings aufgestellten Ansicht von der Knorpelverknöcherung die Zuflucht zu nehmen, wonach es nicht der Knorpel selbst sein soll, der die Grundlage des Knochens bildet, sondern ein neues von den Markräumen aus gebildetes Blastem, nach vorheriger Auflösung des sogenannten verkalkten Knorpels; vielmehr sprechen gewichtige Gründe mit aller Entschiedenheit dagegen. Es kommt nicht selten vor, dass an Sehnenquerschnitten, welche fast durchweg bereits die ausgebildetesten Lamellensysteme zeigen, mitten zwischen drei oder vier aneinanderstossenden Systemen ein kleiner Rest noch unverwandelt geblieben ist und auf Zusatz starker Salpetersäure nach Auflösung des Kalkes hervorquillt, genau wie bei der ersten Imprägnation der Sehne mit Kalk, und noch ganz den Bau der Sehne aufweist, nämlich längsgestreift ist auf dem Längsschnitt und fein punktirt auf dem Querschnitt, in vollster Uebereinstimmung mit der unverknöcherten Sehnensubstanz. Da nun nach Ablauf des Verknöcherungsprocesses auch solche Stellen den Bau des Knochens haben, so müssen die dazu nothwendigen Veränderungen in dem abgeschlossenen und von dem etwaigen Blastem der Havers'schen Canäle aus nicht mehr erreichbaren Raum in dem Gewebe des Knochens selbst vor sich gegangen sein. Ferner treten die mit Knochenstructur versehenen Theile zuerst als kleine Ringe um das Gefäss herum auf, und erst später gehen die entfernteren Lagen von grösseren Durchmessern in die Veränderung ein; wenn es sich aber um eine Neubildung handeln sollte, so müssten die Havers'schen Canäle zeitweise einen viel grösseren Durchmesser haben und die Knochensubstanz zuerst in den weitesten Lamellen erscheinen und in den engeren später, wovon nirgends eine Andeutung vorhanden ist. Zudem aber erweist sich, dass beinahe alle Uebergangsformen von der ursprünglichen Sehnenstructur bis zum vollendeten Knochen existiren und an diesem, so weit wir ihn bisher betrachtet haben, die wichtigeren

Eigenschaften der Sehne, das Auftreten von sogenannten elastischen Fasern,[1]) tertiären Strängen und Scheiden nach Behandlung mit concentrirter Salpetersäure, noch nicht untergegangen sind. Uebergangsformen sind es, wenn innerhalb der secundären Stränge bereits die Andeutung der tertiären sich vorfindet. Dies kommt nicht selten vor, namentlich nimmt man es an Querschliffen wahr, wo wahre Knochen- und Sehnenstructur zusammen vorkommen; hier sind an manchen Stellen schon innerhalb der secundären Stränge drei, vier oder mehr tertiäre Stränge angedeutet, welche nur deutlicher hervorzutreten brauchen, um das Ansehen des Gewebes anzunehmen, welches an mit Säuren behandeltem, bereits mit Knochenstructur versehenem Gewebe die eigentliche Grundlage des Sehnenknochens abgiebt. Endlich könnte zu Gunsten einer Neubildung von Gewebe innerhalb der Gefässcanäle noch eine Erscheinung angeführt werden, welche man zuweilen an älteren Sehnenknochen beobachtet; es verlieren sich nämlich zuletzt auch in den mit Säuren behandelten Sehnenknochen innerhalb einzelner Lamellen die letzten Spuren des sehnigen Baues, indem selbst die tertiären Stränge verschwinden und statt ihrer eine vollständig homogene nur Knochenkörper führende Grundsubstanz auftritt. Oefter findet dies nur in der unmittelbaren Umgebung des Gefässes statt; in einem Lamellensysteme ist es dann nur der innerste Cylinder, welcher homogen erscheint, während die ihn umgebenden aus tertiären Strängen zusammengesetzt sind. Hier könnte man sich zu obiger Annahme geneigt finden, wenn nicht folgende Beobachtung auch hier jeden Zweifel beseitigte. Es kommt nämlich hin und wieder vor, dass nicht die dem Gefäss zunächst liegende Lamelle homogen erscheint, sondern eine davon entfernte, die in keiner Weise mit dem Havers'schen Canal selbst in Berührung tritt, was doch der Fall sein müsste, wenn ihre Entstehung von hier aus mittelst Ablagerung eines neuen Gewebes abgeleitet werden sollte. Bei längerer Einwirkung der Säure treten um solche homogene

1) Ich bediene mich des Ausdrucks „elastische Fasern", wie andere Autoren für jene wellig verlaufenden, scheinbaren Fasern, die Henle Kern- und später Spiralfasern genannt hat.

Ringe nicht selten concentrische Streifen einer Substanz auf, welche eben so sehr der Säure widersteht, wie die Substanz der secundären und tertiären Scheiden. Wird der Sehnenknochen nur mittelst Querschliffen betrachtet, so kann man nicht entscheiden, wo homogene Grundsubstanz und wo tertiäre Stränge sich befinden, wenigstens kann die aus letzteren bestehende Substanz so verknöchern, dass jede Andeutung derselben am Schliffe verschwindet. (Fig. 12.)

Durch die mitgetheilten Untersuchungen wird ferner erwiesen, dass sternförmige Bindegewebskörper, wie sie von Virchow beschrieben sind, in den Sehnen nicht existiren; wenn sie existirten, so müssten sie nach Virchow's eigener Angabe bei der Verknöcherung zu Knochenkörpern werden. Nun sehen wir jedoch die Knochenkörper auf das Entschiedenste einzig und allein aus den vor der Verknöcherung auftretenden Zellen der eingeschobenen knorpelartigen Substanz hervorgehen.

Wenn aber die strahligen Bindegewebskörper nicht in der Sehne existiren, so muss selbstverständlich die Formation des Bindegewebes in Stränge eine andere Ursache haben und kann Virchow's Ansicht nicht richtig sein, dass sie durch das Eintreten der sternförmigen Körper zwischen eine homogene Grundsubstanz zu Stande kommt. Das Auftreten der Scheiden ist ein nothwendiger Begleiter der aus einzelnen und grösseren Strängen zusammengesetzten ganzen Sehne.

Es würde daher Bindegewebe vorkommen können, welches bei der Ossification keine Knochenkörper zeigt, während es doch in Strängen angeordnet ist. Und solches Bindegewebe kommt in der That vor. Extrahirt man aus einem Hechtzahn die Kalksalze mittelst verdünnter Säure, lässt ihn trocknen und macht von seinem unteren Theil, mit dem er auf dem Kiefer festsitzt, Querschnitte, so findet man das Gewebe rings um die Gefässcanäle herum so in regelmässige Bündel abgetheilt, dass man mit dicken Membranen umgebene Zellen vor sich zu haben glaubt, und es des Längsschnittes bedarf, um sich von der Scheidennatur der Grenzschichten der vorhandenen Bündel zu überzeugen. An Querschliffen solcher Zähne ist nichts von

alledem wahrzunehmen, die verknöcherte Substanz, innerhalb welcher die bekannten feinen Canäle verlaufen, ist durchweg homogen und hat niemals Knochenkörper. Dass dies Gewebe wirklich Bindegewebe ist, wie bereits Leydig behauptet hat, wird an solchen Zähnen besonders klar, welche an ihrer Basis nicht verknöchert sind, was selbst bei grossen Exemplaren nicht selten vorkommt. Hier legt sich das Bindegewebe, wie sonst in lockige Bündel, lässt sich auch in Fibrillen zerfasern und quillt in Essigsäure auf.

Hiernach steht fest, dass sogenanntes geformtes Bindegewebe mit den ausgebildetsten Strängen verknöchert, ohne dass Knochenkörper entstehen. Wo aber wirklich Knochenkörper an geformtem Bindegewebe bei der Verknöcherung entstehen, tritt erst durch einen besonderen Vorgang eine knorpelige Subtanz mit Zellen auf, so im Sehnengewebe.

Wenn nun Virchow die Behauptung als allgemein gültig in seiner bekannten Abhandlung über die Identität der Knochen-, Knorpel- und Bindegewebskörper aufstellt, dass das geformte Bindegewebe verknöchern könne und seine angeblichen Körper zu Knochenkörpern würden, so ist dagegen zu bemerken, dass niemals auch nur ein einziger solcher Fall erwiesen worden ist. Es müsste immer erst dargethan sein, dass nicht eine Zellenneubildung vor dem Eintritt der Ossification stattgefunden hat, was nicht geschehen ist. Die Ossification der verknöchernden Schicht des Periostes oder des den Kopfknochen zu Grunde liegenden Gewebes kann hier nicht in Frage kommen, da dies kein geformtes Bindegewebe ist. Was aber sonst als verknöchertes geformtes Bindegewebe beschrieben wurde, z. B. das Gewebe der Dura mater, ist entweder kein geformtes Bindegewebe, sondern periostale Wucherung, oder es muss nach dem, was wir jetzt über die Sehnenknochen wissen, bis auf Weiteres angenommen werden, dass in vorhandenem geformten Bindegewebe erst eine Neubildung von Zellen und knorpelartiger Substanz eingetreten ist, ehe die Verknöcherung unter Bildung von Knochenkörpern begann.

Die Existenz von Scheiden um Bindegewebsbündel ist übri-

gens, wie bemerkt, schon vor langer Zeit mit Entschiedenheit behauptet und zwar namentlich von Luschka und Reichert, von A. Baur neuerdings bestätigt und mit Bezug auf Virchow's Sternzellen in dem Sehnengewebe verfochten worden. Es war jedoch die Isolirung der Scheiden noch nirgends gelungen. Virchow hat vor Kurzem (Archiv für pathol. Anatomie 1859. S. 19) seine Ansicht über Sehnenstructur wiederum als noch zu Recht bestehend hingestellt und die entgegenstehende bestritten. Er behauptet nämlich, wenn diese Auffassung richtig wäre, so müssten die scheinbaren Zellenausläufer überall vollständige Umgrenzungen der Bündel darstellen. Hierin stimmt gewiss jeder mit Virchow überein, weil es sich sonst überhaupt nicht um Scheiden handeln könnte. Es hängt somit Alles von der Schärfe seines Beweises ab, dass sie in Wirklichkeit keine vollständigen Umgrenzungen darstellen. Dies soll deshalb nicht der Fall sein, weil die scheinbaren Fäden auch im Inneren eines Bündels auf Querschnitten vorkommen. Lässt sich diese Erscheinung nicht aber auch so verstehen, dass es sich hier gar nicht um ein einziges Bündel handelt, sondern um zwei, zwischen denen die Scheide verläuft und nur nicht in ihrer ganzen Ausdehnung zum Vorschein kommt? So kann man nicht blos, sondern so muss man diese Erscheinung bei den verknöcherten Sehnen deuten. Wenn man nämlich zu einem Querschnitt, der dies Phänomen zeigt, starke Salpetersäure zusetzt, so treten die Scheiden der stärkeren und feineren Stränge als ein continuirliches Netzwerk mit gröberen und feineren Maschen im ganzen Umfang auf's Deutlichste hervor. Die verknöchernde Substanz ist hier belehrender, als die nicht verknöchernde, wegen des veränderten Quellungsvermögens. Bevor jedoch die Veränderung des Quellungsvermögens nicht eingetreten ist, verhält sich die verknöchernde Sehne gerade so wie jede andere.

Ausserdem giebt Virchow an, dass die deutlichsten Fäden in Form runder Punkte oder feinster Ringe auf dem Querschnitte hervortreten. Da in dieser Beziehung alle Erscheinungen an der mit Scheiden und runden oder eckigen Zellen versehenen, aber noch nicht mit Kalk imprägnirten, Sehne ge-

nau dieselben sind, wie an Quersehnitten der normalen, und auch hier bei gehöriger Zurichtung runde Punkte und feine Ringe sich bemerkbar maehen, so ist es wohl nieht mehr thunlich, dies Argument für die Nichtexistenz von Scheiden zu verwerthen.

Wenn die Sternzellen im Gewebe der Sehnen nicht existiren, so ist auch die Lehre von einem sogenannten Saftröhrensystem hier nieht mehr haltbar. Virchow und naeh ihm Kölliker und andere Forscher lehren bekanntlich, dass in den Sehnen dureh unter einander anastomosirende Zellen, deren Fortsätze bei vollständig ausgebildeten Sehnen sehr lang werden sollen, ein Röhrensystem zu Stande komme, dureh welches erst die Ernährung dieser Gebilde bei der geringen Gefässentwicklung ermöglieht wird, wie man etwas Aehnliches aueh bei den Knochen finde, deren sternförmige Höhlen unter Umständen von den Markeanälen aus injieirt werden können. Dass Zellen Saft führen, ist so lange allgemein angenommen worden, wie überhaupt ihre Existenz bekannt ist; es ist daher auffallend, wenn man eine bestimmte Gruppe mit dem Namen Saftzellen belegt. Merkwürdig wäre es jedenfalls sehon, dass ein solches Saftröhrensystem nebst den Gefässen nieht ausreichte für den Ossifieationsproeess, sondern dass hier erst allgemein eine Zellenneubildung auftritt, welche selbst kein Röhrensystem darstellt, sondern ein solches für die später verknöcherte Sehne liefert. Und geradezu in Widerspruch mit Virchow's Lehre von der Verknöcherung ist es, dass das Saftröhrensystem der unverknöcherten Sehne nieht aueh das Saftröhrensystem der verknöcherten wird. Nehmen wir jedoeh einmal die Existenz dieses Saftröhrensystems für die Sehne an und ziehen die weiteren Consequenzen unter Berüeksiehtigung der oben mitgetheilten Beobachtungen, so ergiebt sich Folgendes. Erwiesener Massen findet vor dem Beginn der Kalkablagerung eine Neubildung von Zellen statt. Diese würden in Sternzellen liegen, und zwar eine einzige in einer Sternzelle; die in den angenommenen Sternzellen liegenden Zellen werden, wie feststeht, zu Knoehenkörpern, und zwar, wie vielfach angenommen wird, indem auch sie sternförmig werden und unter einander

in offene Verbindung treten. Nun liefern aber auch nach der neuen Lehre die ursprünglich vorhandenen Bindegewebskörper ein Saftröhrensystem. Folglich würden zwei Saftröhrensysteme entstehen, von denen das eine im anderen steckte und von seinem Safte umflossen würde!

Nach dem eben Bemerkten kann auch die Auslegung nicht richtig sein, welche Förster seiner Abbildung von dem Querschnitt der verknöcherten und mit Säure behandelten Sehne giebt. Zunächst geht aus der Abbildung nicht hervor, in welchem Stadium der Verknöcherung die Sehne sich befindet, ob sie noch Sehnenstructur hat, oder bereits die Knochenstructur; es müssten dazu Querschnitte von Sehnensträngen oder Knochenlamellen zu erkennen sein. Mag es sich jedoch um das Stadium der Sehnenstructur oder um das der Knochenstructur handeln, auf jeden Fall ist die Behauptung irrthümlich, dass die abgebildeten Sehnenkörper und Knochenkörper den Uebergang der ersteren in die letzteren beweisen. Sogenannte Uebergangsformen zwischen Objecten, von denen nur wenig Eigenschaften bekannt sind, lehren überhaupt gar nichts über deren wirklichen Zusammenhang; so kann man Uebergangsformen von Gregarinen zu den mannigfaltigsten Zellen der von ihnen bewohnten Organismen aufstellen, ohne dass darum der geringste Grund vorhanden wäre, an eine Abstammung der Gregarinen von diesen Zellen, oder der Zellen von den Gregarinen zu denken; ja es kann sich selbst ereignen, dass die verschiedensten Dinge einander so ähnlich sehen, dass man sie nach ihrer Form allein bis jetzt nicht unterscheiden kann, so z. B. farblose Blutkörper mancher Thiere von jungen Gregarinen. Durch die von mir dargelegten Beobachtungen wird aber auf das Bestimmteste dargethan, dass kein Uebergang von den Förster'schen Bindegewebszellen zu Knochenkörpern statt hat, da seine Bindegewebszellen Querschnitte von Scheiden darstellen, in denen wohl eine Zelle liegen kann, die aber nicht selbst Zellen sind.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt der getrocknoten und in Wasser aufgeweichten Sehne vom Puter mit kleinen von Kalkerde imprägnirten Flecken der Grundsubstanz im Bereiche mehrerer Stränge am Rande.

Fig. 2. Die verknöchernde Sehne von der Unterextremität eines Zeisigs im Längsschnitt, mit Zellenreihen zwischen den Strängen. Einige der Zellen haben einen deutlichen Kern, andere sind mit Fettkörnchen erfüllt.

Fig. 3. Secundäre Scheiden, die meisten im Querschnitt, einige schief durchschnitten, von einer verknöcherten, mit Salpetersäure längere Zeit behandelten Sehne eines jungen Puters.

Fig. 4. Querschliff einer verknöcherten Sehne vom Puter mit einem von Lamellen umgebenen Havers'schen Canal; am Rande ist noch die Sehnenstructur erkennbar.

Fig. 5. Längsschliff einer Sehne vom Puter mit würfelförmigen Knochenkörpern und später verschwindenden länglichen Lücken am Rande; die übrige Substanz enthält die Knochenkörper in nicht mehr sich verändernder Gestalt.

Fig. 6. Längsschliff mit dicht bei einander stehenden, theilweis gabelförmig auslaufenden Knochenkörpern aus der nächsten Umgebung eines grösseren Gefässraumes.

Fig. 7. Querschnitt einer mit verdünnter Salzsäure behandelten, getrockneten Sehne, im Wasser aufgeweicht. Zwischen den quergeschnittenen tertiären Strängen erscheinen die Knochenkörper.

Fig. 8. Ebenso behandelter Querschnitt einer verknöcherten Sehne von *Crax alector*. Es sind nur tertiäre Stränge sichtbar, zwischen denen die Knochenkörper erscheinen. Die Lamellen sind vollständig entwickelt und die Knochenstructur vorhanden, wenn man das Wesentliche derselben in dem Auftreten von Lamellensystemen mit Knochenkörpern und Gefässcanälen sucht.

Fig. 9. Querschnitt einer Sehne vom Puter mit concentrirter Salzsäure behandelt. Es ist nach längerer Einwirkung der Säure nur noch ein Netzwerk mit gröberen und feineren Maschen sichtbar, welches die Scheiden der Sehne im Querschnitt repräsentirt. Am Rande sind einige aus der Scheide hervorgequollene Bündel abgebildet, wie sie beim Beginn der Einwirkung der Säure hervortreten. Bei der Behandlung mit concentrirter Essigsäure tritt sogleich dasselbe Netzwerk auf; die Stränge quellen aus den Scheiden hervor, unterscheiden sich aber durch ihr Lichtbrechungsvermögen so wenig von der umgebenden Flüssigkeit, dass man sie nur schwierig an den Rändern des Präparates bemerkt.

Fig. 10. Längsschnitt einer bereits mit Lamellen versehenen verknöcherten Sehne mit concentrirter Salpetersäure behandelt. Zwischen den tertiären Strängen sind die Knochenkörper sichtbar; ein Theil der ersteren erscheint in der Nähe des Gefässes im Querschnitt.

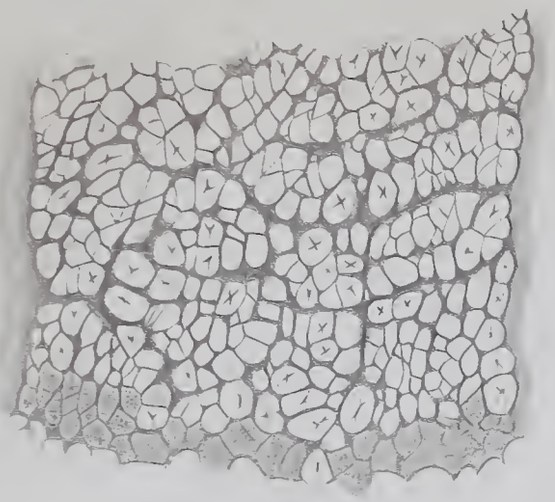
Fig. 11. Derselbe Längsschnitt nach längerer Einwirkung der Säure. Es treten die vielfach gewundenen Streifen von der Form der sogenannten Kern- oder Spiralfasern auf.

Fig. 12. Querschnitt einer verknöcherten Sehne von *Crax alector* mit verdünnter Salzsäure behandelt. Eine der Lamellen zeigt keine Spur mehr von Bündelformation, und ist letztere auch nicht mehr durch Anwendung concentrirter Säuren hervorzubringen.

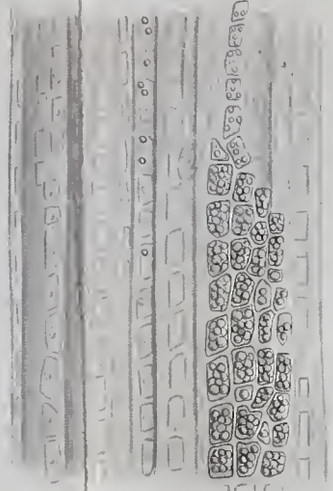
Anmerkung. Nach beendetem Druck des vorstehenden Aufsatzes kommt mir eine Abhandlung von Dr. Martyn on connective tissue (Archives of Medicine: edited by Lionel S. Beale, Nr. VI. p. 99) zu Gesicht, worin Virchow's Lehre von den sternförmigen anastomosirenden Bindegewebskörpern im Sehnengewebe angegriffen wird. Was Virchow für sternförmige Zellen hält, sind nach Martyn Zwischenräume zwischen drei oder mehreren Strängen, in denen hin und wieder ein Körperchen liegen kann. Ich kann hierzu nur bemerken, dass gewiss nichts geeigneter ist, sich über diesen Gegenstand zu unterrichten, als die verknöcherte Sehne, wegen der stärker entwickelten Scheiden und der veränderten Quellungsverhältnisse des Gewebes. Untersucht man eine ganze Sehne eines kleinen Vogels, z. B. eines Sperlings, sobald die verknöcherte Substanz nach Auflösung des Kalkes in Salpetersäure durchscheinend geworden ist, so sieht man lange dunkle die Sehnenstränge begrenzende Streifen, und die würfelförmigen oder ähnlich gestalteten Knochenkörper in Reihen. Auf dem Querschnitt erscheinen die Stränge mit deutlichen Umgrenzungen und wo ihrer mehrere zusammenstossen, liegt vielfach ein Knochenkörper inmitten eines sternförmigen Raumes, nur dass die Strahlen des Sternes sich rings um die Fascikel herum erstrecken. Lässt man concentrirte Säure längere Zeit einwirken, so bleiben nur die oben beschriebenen Netze, d. h. die Querschnitte der Scheiden sichtbar. Macht man einen Schnitt schief gegen die Längsachse, und bringt die Säure oder Kalilauge hinzu, so erblickt man die schief durchschnittenen Scheidenenden, aus denen man hier deutlich die Sehnensubstanz ein wenig hervorgequollen sieht, und die dazu gehörigen Scheidenstücke zugleich. An letzteren ziehen, wenn die Verknöcherung eben erst begonnen hat, über die eingeschnürten Stellen der Bündel häufig die Streifen der zwischen je zwei hinter einander liegenden Zellen befindlichen Intercellularsubstanz hin, was namentlich nach Behandlung einer Sehne vom Rebhuhn mit Essigsäure deutlich wird. Wenn man mit rauchender Salzsäure (die bei den oben mitgetheilten Versuchen angewandten Säuren waren wasserhaltig) einen Querschnitt einer im Beginn der Kalkablagerung begriffenen und nur theilweise von Kalk imprägnirten Sehne eines Puters behandelt, so erscheinen an den nicht von Kalk imprägnirten Stellen sogleich die sternförmigen vielfach anastomosirenden Zellen Virchow's oder die von Martyn ausgebildeten Lücken; an den schon kalkhaltigen dagegen bleibt das beschriebene Netzwerk übrig, indem sofort die Stränge aus ihren Scheiden hervorquellen. Die sternförmigen Zellen sind die zerfallenden, die Netze die unversehrten Scheiden der Sehne im Querschnitt.

Für die beigegebenen Abbildungen ist eine 330fache Vergrösserung durchweg angewendet.

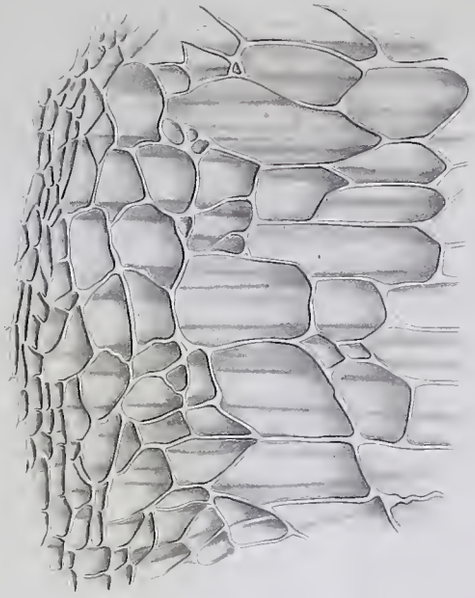
1.



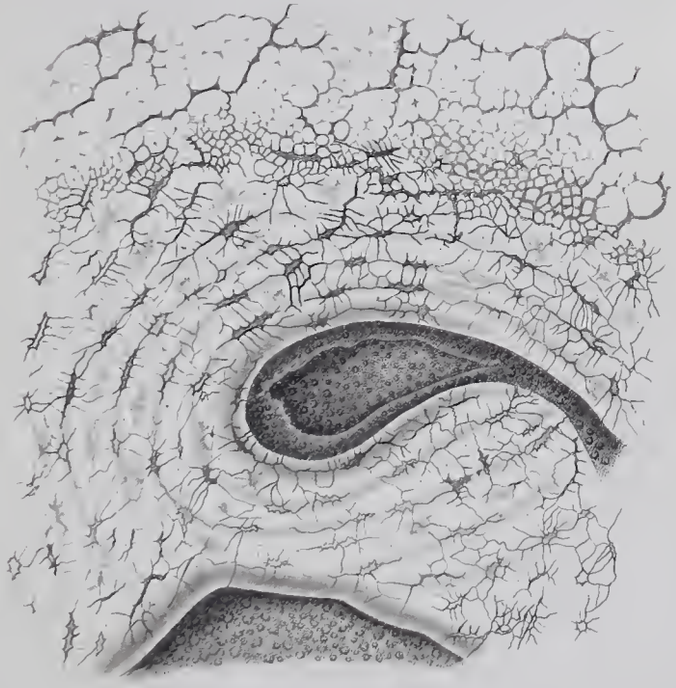
2.



3.

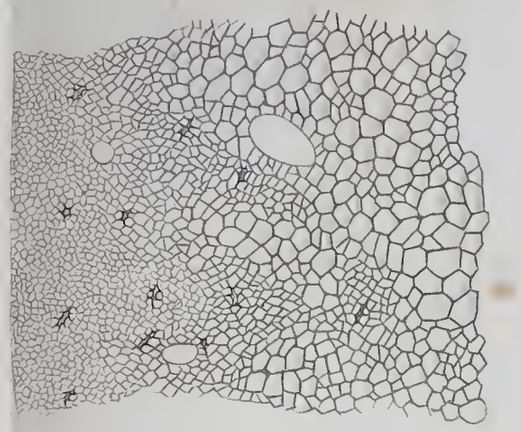


4.

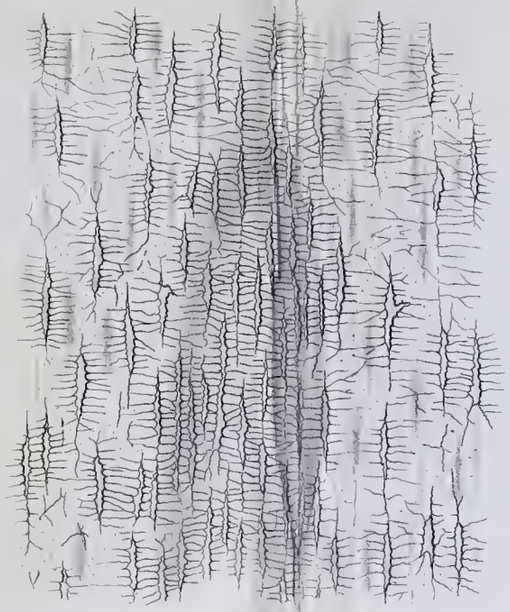


5.

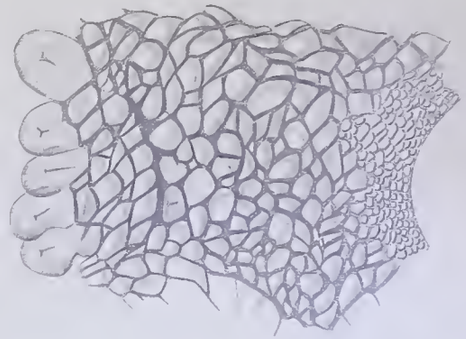
7.



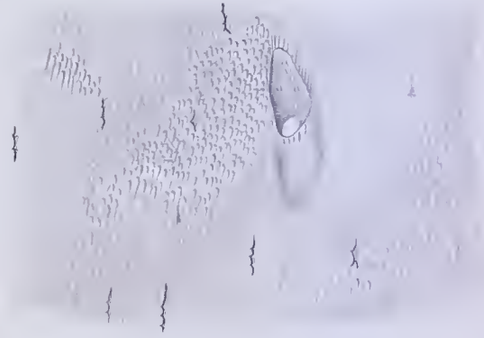
6.



9.

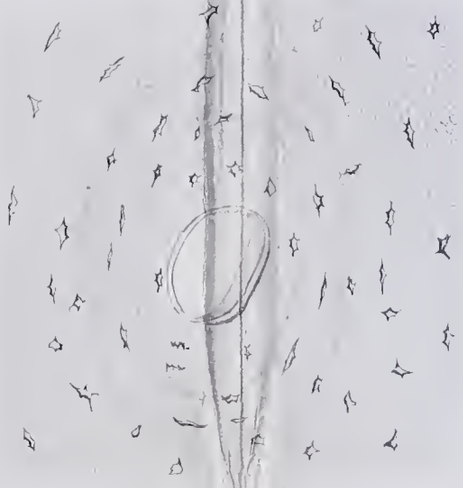
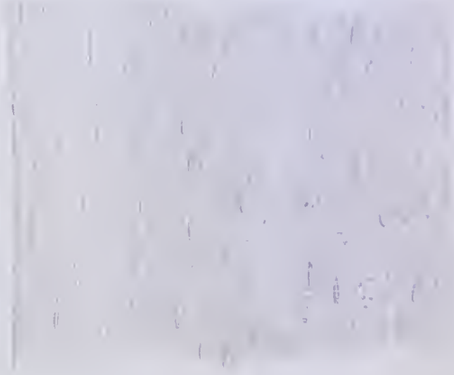


10.



8.

12.



11.